练习 · 轴毂联接 · 题目卷

> **范围**：机械设计 第 15 章（考纲 ③ 连接 · 键 / 花键 / 过盈联接）
> **题量**：判断题 28、填空题 13、简答题 3、计算题 10
> **对应知识点**：知识点-轴毂联接
> **使用**：先独立作答，再对 练习-轴毂联接-答案卷。
> 计算统一取 $\pi = 3.14$；$1\ \mathrm{N\cdot m} = 10^3\ \mathrm{N\cdot mm}$。

姓名：_____　　日期：_____　　用时：_____ 分钟

一、判断题

> 判断下列说法是否正确，正确的打"√"，错误的打"×"，填在题后括号内。

1. 普通平键的两侧面是工作面，依靠侧面挤压传递转矩，键顶面与轮毂槽底之间留有间隙。（　　）

2. 普通平键既能可靠传递转矩，又能单独实现轮毂的轴向固定。（　　）

3. 轴与轮毂一起高速转动、彼此没有相对滑动，仍属于静联接。（　　）

4. A 型普通平键两端为圆头，有效工作长度取 $l = L - b$。（　　）

5. C 型普通平键一端圆头、一端平头，有效工作长度取 $l = L - b$。（　　）

6. A、B、C 型表示键的强度等级，A 型强度最高。（　　）

7. 导向平键用螺钉固定在轴上，工作时轮毂沿键作轴向滑动。（　　）

8. 滑键固定在轮毂上，随轮毂一起沿轴槽滑动，可适应较长的轴向移动距离。（　　）

9. 平键有两个侧面同时受力，所以承压面积应取 $2kl$。（　　）

10. 键的材料强度高于轮毂材料时，应按键的许用挤压应力校核整个联接。（　　）

11. 静联接平键的主要失效形式是工作面压溃，动联接的主要失效形式是工作面磨损。（　　）

12. 动联接的许用压强 $[p]$ 可以直接沿用静联接的许用挤压应力 $[\sigma_p]$。（　　）

13. 楔键的工作面是上、下表面，靠楔紧后的摩擦传递转矩，并可实现一定的轴向固定。（　　）

14. 楔键楔紧后使轴与轮毂产生偏心、偏斜，因此定心性较差。（　　）

15. 半圆键的轴槽较深，对轴的削弱较大。（　　）

16. 一组切向键即可传递正、反两个方向的转矩。（　　）

17. 两个平键按 180° 布置时，其承载能力可按单键的 2 倍计算。（　　）

18. 花键强度公式中的 ψ 是考虑各齿载荷分配不均的系数，放在分母中使计算压力高于理想均载值。（　　）

19. 矩形花键采用小径定心，说明转矩主要靠小径圆柱面的摩擦传递。（　　）

20. 渐开线花键常用齿侧定心，受载时具有一定的自定心作用。（　　）

21. 过盈联接的载荷传递链是：尺寸过盈 → 弹性变形 → 接触压强 → 摩擦力 → 传递轴向力或转矩。（　　）

22. 过盈量必须落在可行区间内，既保证工作时不滑移，又不使轴或轮毂屈服破坏。（　　）

23. 过盈联接同时承受轴向力与转矩时，可分别按两种载荷求出所需压强后取较大值。 ☐

24. 压入法装配时，表面微观凸峰被压平会损失部分有效过盈，故需加表面修正。 ☐

25. 胀缩法装配的过盈计算中，通常取表面修正量 $s = 0$ 。 ☐

26. 加热装配温度的计算式中，分式一项算出的就是最终加热温度。 ☐

27. 实心轴可以把空心轴内孔应力公式中的 d_1 取 0 直接套用。 ☐

28. 选择配合时只要最小过盈满足承载要求即可，最大过盈无须检查。 ☐

二、填空题

> 在横线上填出关键术语、数字或式子，不必抄题。

1. 周向固定限制轴与轮毂的相对转动，轴向固定限制轮毂沿轴的 _____ ，定心则是保证轮毂轴线与轴轴线 _____ 。普通平键主要完成 _____ 固定，其定心性好是因为不破坏 _____ 形成的定心关系。

2. 平键的工作面是 _____ ，楔键的工作面是 _____ ，切向键的工作面是 _____ 。

3. 楔键上下表面的斜度为 1∶ _____ ，靠 _____ 传矩，因而可承受 _____ 向的轴向力。

4. 普通平键的有效工作长度：A 型 _____ ，B 型 _____ ，C 型 _____ （L 为公称长度，b 为键宽）。

5. 导向平键用螺钉固定在 _____ 上，滑键固定在 _____ 上；轴向移动行程较长时应选 _____ 。

6. 半圆键下部呈 _____ 形，可在轴槽中绕 _____ 摆动，便于适应轮毂键槽的倾斜；缺点是轴槽 _____ 、对轴的削弱 _____ 。

7. 平键选用时，截面尺寸 $b \times h$ 按 _____ 由标准查取，公称长度 L 按 _____ 选取，最后用 _____ 作强度校核。

8. 静联接的失效形式是工作面 _____ ，判据为 _____ ；动联接的失效形式是工作面 _____ ，判据为 _____ 。两者几何表达式相同，但前者的许用值比后者 _____ 得多。

9. 两个平键按 180° 布置时，总承载能力按单键的 _____ 倍估算；原因是加工与装配误差使两键 _____ 。

10. 矩形花键采用 _____ 定心，渐开线花键采用 _____ 定心；传递转矩的是 _____ ，而不是定心表面。

11. 花键强度公式中的 ψ 是 _____ 系数，放在公式 _____ 中，使算得的压强偏 _____ ，其值通常 _____ 1。

12. 压入法的有效过盈 _____ 名义过盈，需减去表面压平修正 $s = 3.2(R_{a1} + R_{a2})$；胀缩法的表面修正项取 _____ 。

13. 提高过盈联接的承载能力，可在空间允许时增大 _____ 或 _____ ；合理选择过盈量与 _____ ；控制 _____ ；改善配合 _____ 。

三、简答题

> 只保留三道最能拉开差距的题，要求写出机理而不是堆砌条文。

1. 平键校核时承压面积为什么按一个有效侧面的 kl 计算，而不按两个侧面的 $2kl$？若误按两侧计算，结果会怎样偏?

2. 过盈联接是怎样产生承载能力的？为什么过盈量不是越大越好?

3. 过盈联接同时传递轴向力与转矩时，为什么不能分别验算后取较大值，也不能把两者直接相加？

四、计算题

> 写出计算过程，注明所用公式。

1. 某静联接传递转矩 $T = 300\ \mathrm{N\cdot m}$，轴径 $d = 45\ \mathrm{mm}$，选用普通 A 型平键 $b = 14\ \mathrm{mm}$、$h = 9\ \mathrm{mm}$、公称长 $L = 70\ \mathrm{mm}$，题设允许取半键高承压，许用挤压应力 $[\sigma_p] = 50\ \mathrm{MPa}$，轮毂允许键长不超过 $90\ \mathrm{mm}$，可选标准长度有 70、80、$90\ \mathrm{mm}$。① 校核原方案；② 若不合格，求所需有效长度与公称长度；③ 复核新尺寸。

解：

2. 某静联接传递转矩 $T = 800\ \mathrm{N\cdot m}$，轴径 $d = 60\ \mathrm{mm}$，采用 B 型平键 $b = 18\ \mathrm{mm}$、$h = 11\ \mathrm{mm}$、$L = 90\ \mathrm{mm}$，允许取半键高承压，$[\sigma_p] = 110\ \mathrm{MPa}$。① 校核挤压强度；② 求该键能传递的最大转矩；③ 若改用两个平键按 180° 布置，估算可传递的最大转矩。

解：

3. 某导向平键联接，$d = 50\ \mathrm{mm}$、$b = 14\ \mathrm{mm}$、$h = 9\ \mathrm{mm}$，轮毂与键的有效重合长度 $l = 80\ \mathrm{mm}$，实际传递转矩 $T = 120\ \mathrm{N\cdot m}$，许用压强 $[p] = 15\ \mathrm{MPa}$。① 校核耐磨性；② 求该键允许传递的最大转矩。

解：

4. 某矩形花键联接传递转矩 $T = 500\ \mathrm{N\cdot m}$，齿数 $z = 8$，单齿有效工作高度 $h = 3\ \mathrm{mm}$，有效长度 $l = 50\ \mathrm{mm}$，平均工作直径 $d_m = 42\ \mathrm{mm}$，不均载系数 $\psi = 0.75$。静联接许用挤压应力 $[\sigma_p] = 80\ \mathrm{MPa}$，改成动联接后许用压强 $[p] = 30\ \mathrm{MPa}$。① 静联接校核并求允许转矩；② 动联接校核并求允许转矩；③ 说明结论。

解：

5. 某过盈联接 $d = 60\ \mathrm{mm}$、结合长 $l = 80\ \mathrm{mm}$、摩擦系数 $\mu = 0.12$。① 只传递转矩 $T = 800\ \mathrm{N\cdot m}$ 时，求所需最小压强 $p_{\min}$；② 若同时承受轴向力 $F_x = 8000\ \mathrm{N}$ 与同一转矩，重求 $p_{\min}$，并与单项所需值比较。

解：

6. 某过盈联接采用实心轴，结合直径 $d = 40\ \text{mm}$、结合长 $l = 50\ \text{mm}$、轮毂外径 $d_2 = 80\ \text{mm}$；同时传递轴向力 $F_x = 5000\ \text{N}$ 与转矩 $T = 150\ \text{N}\cdot\text{m}$，$\mu = 0.12$。两零件 $E = 2.1\times10^{5}\ \text{MPa}$、$\nu = 0.3$；轴、孔表面粗糙度 $R_{a1} = 0.8\ \mu\text{m}$、$R_{a2} = 1.6\ \mu\text{m}$；轴屈服强度 $340\ \text{MPa}$、轮毂屈服强度 $240\ \text{MPa}$（本题按初始屈服界限，不加安全系数）；采用压入法。候选配合的直径过盈范围为：甲 $0.010\sim0.035\ \text{mm}$、乙 $0.018\sim0.045\ \text{mm}$、丙 $0.025\sim0.060\ \text{mm}$。求 $p_{\min}$、$\delta_{\min}$、$p_{\max}$、$\delta_{e\max}$，并选出合适配合。

解：

7. 沿用第 6 题的条件与所选配合（$\Delta_{\max} = 0.045\ \text{mm}$）。① 求压入装配时的最大接触压强；② 取压装摩擦系数 $\mu_i = 0.12$，求压入力 F_i；③ 按 $F_e \approx 1.4F_i$ 估算压出力。

解：

8. 沿用第 6 题的配合与尺寸（$\Delta_{\max}=0.045\ \text{mm}$、$d=40\ \text{mm}$）。若改用加热轮毂装配，初温 $20\ ^\circ\text{C}$，轮毂线膨胀系数 $\alpha=12\times10^{-6}\ /\ ^\circ\text{C}$，要求直径方向装配间隙 $\delta_c=0.020\ \text{mm}$。求所需最低加热温度，并指出其中的温升是多少。

解：

9. 某过盈联接 $d=50\ \text{mm}$、$l=60\ \text{mm}$、$\mu=0.12$，装配后接触压强 $p=25\ \text{MPa}$。若同时承受轴向力 $F_x=6000\ \text{N}$，求该联接在保证不滑移的前提下还能传递的最大转矩。

解：

10. 某过盈联接采用空心轴，$d=60\ \text{mm}$、$d_1=20\ \text{mm}$、$d_2=110\ \text{mm}$，结合长 $l=70\ \text{mm}$，两零件 $E=2.1\times10^5\ \text{MPa}$、$\nu=0.3$；轴屈服强度 $340\ \text{MPa}$、轮毂屈服强度 $260\ \text{MPa}$。① 分别求空心轴与轮毂的压强上限，并确定 $p_{\max}$；② 求最大有效过盈量；③ 若载荷要求 $p_{\min}=30\ \text{MPa}$、压入法表面修正量 $s=0.00768\ \text{mm}$，判断配合 $0.040\sim0.085\ \text{mm}$ 是否可用。

解：

五、公式速查

用途	公式
功率转转矩	$T=\dfrac{9.55\times10^6P}{n}\ \text{N}\cdot\text{mm}$（$P$ 用 kW，n 用 r/min）
有效长度	A 型 $l=L-b$；B 型 $l=L$；C 型 $l=L-\dfrac{b}{2}$
平键静联接挤压	$\sigma_p=\dfrac{2T}{dkl}\le[\sigma_p]$，$k\approx\dfrac{h}{2}$ 时 $\sigma_p\approx\dfrac{4T}{dhl}$
平键动联接耐磨	$p=\dfrac{2T}{dkl}\le[p]$
键的剪切	$\tau=\dfrac{2T}{dbl}\le[\tau]$
反求有效长度	$l_{\text{req}}=\dfrac{2T}{dk[\sigma_p]}$
花键静联接	$\sigma_p=\dfrac{2T}{\psi zhld_m}\le[\sigma_p]$
花键动联接	$p=\dfrac{2T}{\psi zhld_m}\le[p]$
过盈·只传轴向力	$p_{\min}=\dfrac{F_x}{\pi dl\mu}$
过盈·只传转矩	$p_{\min}=\dfrac{2T}{\pi d^2l\mu}$

用途	公式
过盈·合载	$p_{\min}=\dfrac{\sqrt{F_x^2+(2T/d)^2}}{\pi d l\mu}$
剩余转矩能力	$T_{\text{allow}}=\dfrac{d}{2}\sqrt{(\mu p\pi d l)^2-F_x^2}$
压强与过盈量	$\delta_e=pd\left(\dfrac{c_1}{E_1}+\dfrac{c_2}{E_2}\right)=C_\delta p$
变形系数	$c_1=\dfrac{d^2+d_1^2}{d^2-d_1^2}-\nu_1$，$c_2=\dfrac{d_2^2+d^2}{d_2^2-d^2}+\nu_2$
压入法表面修正	$s=3.2\,(R_{a1}+R_{a2})$，$\delta_{\min}=C_\delta p_{\min}+s$
压强上限（塑性）	空心轴 $p_{1,\lim}=\dfrac{1-q_1^2}{2}\sigma_{s1}$；轮毂 $p_{2,\lim}=\dfrac{1-q_2^2}{\sqrt{3+q_2^4}}\sigma_{s2}$
最大有效过盈	$\delta_{e\max}=C_\delta p_{\max}$
配合选择	$\Delta_{\min}\ge\delta_{\min}$，$\Delta_{\max}\le\delta_{e\max}$
实际压强	$p_{f\min}=\dfrac{\Delta_{\min}-s}{C_\delta}$，$p_{f\max}=\dfrac{\Delta_{\max}}{C_\delta}$
压入力	$F_i\approx\pi d l\,p_{f\max}\mu_i$，$F_e\approx(1.3\sim1.5)F_i$
加热温度	$t\ge t_0+\dfrac{\Delta_{\max}+\delta_c}{\alpha d}$
共 54 题。建议限时：判断题 25 分钟、填空题 12 分钟、简答题 15 分钟、计算题 90 分钟。	